

**Wheel module with at least one wheel; has drive motor with drive shaft and steering motor to steer wheel about steering angle, where one shaft is hollow and other shaft rotates in it**

**Patent number:** DE19949351  
**Publication date:** 2001-07-12  
**Inventor:** HANEBECK UWE (DE); SALDIC NIHAD (DE); FREYBERGER FRANZ (DE); DAXWANGER WOLFGANG (DE)  
**Applicant:** HANEBECK UWE D (DE)  
**Classification:**  
**- international:** A61G5/04; B60B33/00; B60K7/00; B62B3/00; B62B5/00; B62D7/02; A61G7/05; A61G7/08; A61G5/00; B60B33/00; B60K7/00; B62B3/00; B62B5/00; B62D7/00; A61G7/00; A61G7/05; (IPC1-7): B62D7/02; A61G5/10; B60B33/00; B60K1/00; B60L15/20; B62B3/14  
**- european:** A61G5/04; B60B33/00; B60K7/00E; B62B3/00A; B62B5/00P; B62D7/02C  
**Application number:** DE19991049351 19991013  
**Priority number(s):** DE19991049351 19991013

**Report a data error here**

**Abstract of DE19949351**

The module has a drive motor (110) to drive the wheel through a drive shaft (170) and a steering motor (120) to steer the wheel about a steering angle. One of the steering shaft or the drive shaft is formed as a hollow shaft, in which the other shaft is arranged so that it can rotate. Preferably, the support point of the wheel is offset laterally relative to the steering axis and transversely to the rotation direction of the wheel. An Independent claim is included for a method for electronic coupling of the wheel module to additional wheel modules.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 49 351 A 1**

②1 Aktenzeichen: 199 49 351.0  
②2 Anmeldetag: 13. 10. 1999  
④3 Offenlegungstag: 12. 7. 2001

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 7/02**  
B 62 B 3/14  
B 60 B 33/00  
B 60 K 1/00  
B 60 L 15/20  
A 61 G 5/10

DE 199 49 351 A 1

⑦1 Anmelder:  
Hanebeck, Uwe D., 80539 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Hanebeck, Uwe, 82194 Gröbenzell, DE; Saldic,  
Nihad, 80809 München, DE; Freyberger, Franz,  
80939 München, DE; Daxwanger, Wolfgang, 80687  
München, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Aufbau von Radmodulen zur kombinierten Lenkung und Antrieb eines Fahrzeugs und ein Verfahren zu dessen elektronischer Kopplung

⑤7 Der Aufbau von Radmodulen zur kombinierten Lenkung und Antrieb eines Fahrzeugs und ein Verfahren zu deren elektronischer Kopplung wird beschrieben. Diese konfigurierbaren Radmodule kommen ohne die Verwendung von Spezialrädern aus und weisen einen unbeschränkten Lenkwinkelbereich auf. Der beschriebene Aufbau des Radmoduls ermöglicht einen Versatz des Radaufstandspunkts gegenüber der Lenkachse in Rollrichtung und orthogonal dazu. Mit den beschriebenen Radmodulen lassen sich Fahrzeuge und bodengebundene Bewegungssysteme beliebiger Kinematik, Größe und Geometrie mit einer von der Lastverteilung abhängigen Radanzahl aufbauen. Dabei stellt sich das Problem der Koordination sowohl der Lenk- als auch der Antriebsachsen. Notwendige Verfahren zur Lösung des Koordinations- und Steuerungsproblems werden beschrieben. Anwendungsgebiete sind Fahrzeuge aller Art in Innenraum- und Außenraumumgebungen, auch Fahrzeuge ohne motorischen Antrieb, Fahrzeuge im Behinderten- und Gesundheitswesen, mobile Transportroboter, mobile Roboter mit Manipulationseinrichtung, Rollstühle, Krankenbahnen, Krankenbetten, Putz- und Reinigungsmaschinen, mobile Stative für Filmkameras, Einkaufswagen in Verkaufsgeschäften und deren Parkplätzen, Post- und Akzentransportfahrzeuge in Büros und Verwaltungsgebäuden.

DE 199 49 351 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf Radmodule mit der Eigenschaft der kombinierten Lenk- und Antreibbarkeit. Mehrere dieser Radmodule werden zum Aufbau von Fahrzeugen wie Fahrzeuge aller Art in Innenraum- und Außenraumumgebungen, damit auch Fahrzeuge ohne motorischen Antrieb, Fahrzeuge im Behinderten- und Gesundheitswesen, wie mobile Transportroboter für Mahlzeiten, Medikamente, Fäkalien, etc. mobile Roboter mit Manipulationseinrichtung für Hol-/Bringdienste, Patientenführung, etc. Rollstühle, Krankenbahnen, Krankenbetten, Putz- und Reinigungsmaschinen, mobile Stativ für Filmkameras, Einkaufswagen in Verkaufsgeschäften und deren Parkplätzen Akkumulatorfahrzeuge in Büros und Verwaltungsgebäuden verwendet. Dabei stellt sich zusätzlich das grundsätzliche Problem der koordinierten Steuerung (elektronische Kopplung) der Radmodule. Eine neue Lösung des Koordinationsproblems ist Teil dieser Erfindung.

Bisher bekannte Aufbauten für Radmodule für hochbewegliche Fahrzeuge lassen sich zunächst in zwei Kategorien einteilen: Radmodule basierend auf Spezialrädern und Radmodule basierend auf Standardrädern. Bekannte Spezialräder sind z. B. sogenannte universal wheels wie orthogonal wheel, Mecanum wheels [1] oder double wheels [2]. Diese führen zu Fahrzeugvibrationen und sind weiterhin nicht zum Befahren rauher Oberflächen oder Teppichböden geeignet. Die meisten Fahrzeuge sind daher mit Standardrädern ausgerüstet. Um mit Standardrädern eine Flächenbeweglichkeit, das heißt Omnidirektionalität ohne Vorzugsfahrtrichtung zu erreichen, müssen alle Räder gelenkt und mindestens ein Rad angetrieben sein. Bekannte Aufbauten für gelenkte und angetriebene Radmodule haben einen beschränkten Lenkwinkel, der entweder durch direkt durch mechanische Einschränkungen oder durch z. B. verlegte Kabel beschränkt ist. Außerdem ist der sogenannte Offset des Rades vom Drehpunkt nicht frei vorgebar.

Aus den vorgenannten Nachteilen des Standes der Technik ergibt sich die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Radmodul der eingangs beschriebenen Art dahingehend auszugestalten und weiterzubilden, daß der Lenkwinkel des Radmoduls beliebig wählbar ist.

Der prinzipielle (oder Basis-) Aufbau (Aufbau #1) ist in Fig. 1 dargestellt. Er besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Hohlwellen-Lenkmotor und Hohlwellen-Lenkgetriebe
- Antriebsmotor und Antriebsgetriebe
- Vertikale Antriebswelle
- Kegelradgetriebe
- Radgabel
- Rad

Der Lenkmotor bewegt über das Lenkgetriebe die Radgabel und stellt damit einen vorgebbaren Radlenkwinkel ein. Die Antriebsleistung wird vom Antriebsmotor über das Antriebsgetriebe und die vertikale Antriebswelle durch die Hohlwelle von Lenkmotor und Lenkgetriebe zunächst auf das Kegelradgetriebe und damit auf das Rad übertragen.

Mit dem Basisaufbau ist zwar ein fast beliebiger lateraler Offset des Rades von der Drehachse möglich. Der longitudinale Offset ist allerdings zunächst auf Null festgelegt.

Genaue Beschreibung des Aufbaus des Radmoduls: Der

Antriebsmotor treibt über das Antriebsgetriebe das Rad an, erzeugt damit eine Drehbewegung. Die Drehbewegung des Antriebsmotors wird über das Antriebsgetriebe und eine vertikale Antriebswelle auf eine horizontale Antriebswelle (= Radachse) übertragen. Die vertikale und die horizontale Antriebswellen sind über ein Getriebe, beispielsweise ein Kegelradgetriebe, miteinander verbunden. Der Lenkmotor treibt über das Lenkgetriebe die Radgabel an, erzeugt damit die Lenkbewegung. Die Drehbewegung des Lenkmotors wird über das Lenkgetriebe und eine vertikale, zylinderförmige Lenkwelle auf die Radgabel übertragen. Innerhalb der zylinderförmigen Lenkwelle ist die Antriebswelle drehbar angeordnet.

Der Vorteil der neuen Radmodule liegt zum einen in der freien Vorgebarkeit des Offsets des Rades vom Drehpunkt. Zum anderen läßt sich der Lenkwinkel ohne jegliche Beschränkung, d. h. mit Drehwinkel  $n \cdot 360$ , frei einstellen. Damit können unterschiedlich komplexe Fahrzeugtypen von sehr einfachen Dreiradkinematiken bis hin zu omnidirektionalen und flächenbeweglichen Typen mit einem Radmodulkonzept aufgebaut werden.

Zur Einstellung eines beliebigen lateralen und longitudinalen Offsets wird der in Fig. 2 dargestellte Aufbau (Aufbau #2) angegeben. Diese Erweiterung wird durch die Einführung eines zusätzlichen Getriebes, beispielsweise eines Zahnriemengetriebes, erreicht.

Um nun zusätzlich die Bauhöhe zu verringern und außerdem den Schwerpunkt so niedrig wie möglich zu halten, wird der in Fig. 4 dargestellte Aufbau (Aufbau #3) angegeben. Die Motoren werden hängend befestigt, was durch die Einführung von zwei zusätzlichen Getrieben, beispielsweise durch Zahnriemengetriebe, erreicht wird.

In allen drei Aufbauten bewirkt der Lenkantrieb durch die Bewegung der Radgabel auch eine ungewünschte Antriebsbewegung des Rades. Eine Entkopplungsregelung wirkt dieser ungewünschten Antriebsbewegung durch entsprechende Ansteuerung und Betätigung des Antriebsmotors entgegen. Das Ziel ist, daß die vertikale Antriebswelle gleichläufig mit der Lenkbewegung der Radgabel gedreht wird.

## Beschreibung der Koordination mehrerer Radmodule

Mehrere dieser Radmodule gemäß dem oben beschriebenen Aufbau werden zum Aufbau von Fahrzeugen verwendet. Im allgemeinen werden N gelenkte Räder verwendet, von denen M Stück (M kleiner oder gleich N) mit einem aktiven Vortrieb ausgerüstet sind. Damit haben die Fahrzeuge die Fähigkeit der omnidirektionalen Fortbewegung, d. h. Translationsgeschwindigkeiten und Rotationsgeschwindigkeiten sind unabhängig voneinander vorgebar.

Dabei unterscheiden wir zwei Anwendungsfälle: Das Fahrzeug wird automatisch (von einem Rechner) gesteuert oder von einem Benutzer geführt. In die erste Anwendung fallen mobile Roboter. Im zweiten Anwendungsfall handelt es sich um Einkaufswagen, Rollstühle und Krankenbetten. Im zweiten Anwendungsfall werden externe Kräfte durch Lenkung und Vortrieb kompensiert. Damit kann der Benutzer z. B. schwere Gegenstände ohne großen Kraftaufwand schieben. Die Lenkrichtung kann dabei entweder durch Eingabe vorgegeben werden oder ergibt sich durch Kompensation externer Kräfte. Die Messung externer Kräfte kann entweder durch externe Kraftsensoren, Momentensensoren in den Rädern oder durch Strommessung an den Motoren vorgenommen werden.

Es ist in allen Anwendungsfällen ein besonderer Betriebsmodus möglich, bei dem sich das Fahrzeug auf einer vorgegebenen translatorischen Bahn bewegt und die Rotation des Fahrzeugs um die Hochachse frei vorgebar ist. Bei einem

großen Verhältnis von Rotations- zu Translationsgeschwindigkeit können damit große Steigungen überwunden werden oder große Schiebekräfte ausgeübt werden.

Die einzelnen Räder werden untereinander nicht mechanisch, sondern elektronisch gekoppelt. Unter elektronische Kopplung wird hier verstanden, daß die Lenk- und Antriebsmomente derart eingestellt werden, daß eine Anbringung der Radmodule an beliebigen Stellen an einem Fahrzeugchassis erfolgen kann.

Die Koordination wird im folgenden für den in Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Fall von Radmodulen mit zu Null gewählten lateralen und longitudinalen Offsets beschrieben, ist aber entsprechend für den allgemeinen Fall gültig.

Um einen sinnvollen Fahrbetrieb zu gewährleisten, müssen sich die Normalen der Räder in einem Punkt schneiden. Dieser Punkt stellt das momentane Drehzentrum dar, um das sich das Fahrzeug aktuell auf einem Kreis bewegt. Weiterhin müssen die Vortriebsgeschwindigkeiten und -momente der einzelnen Räder in einem durch die aktuelle Konfiguration bestimmten Verhältnis zueinander befinden. Sinnvoller Fahrbetrieb bedeutet in diesem Zusammenhang ein reines Abrollen der Räder ohne lateralen oder longitudinalen Schlupf. Die Gewährleistung eines Drehzentrums und der Momenten-/Geschwindigkeitsverhältnisse im Vortrieb stellt im Allgemeinen kein Problem dar, wenn die Räder mechanisch gekoppelt sind. Bei einer elektronischen Kopplung der Räder hingegen können aber speziell bei einer schnellen Veränderung des Drehzentrums relativ zum Fahrzeug deutliche Abweichungen vom Ideal entstehen.

Der Grund dafür liegt an der beschränkten Geschwindigkeit und an der beschränkten Beschleunigung der für die Einstellung der Lenkwinkelstellung verantwortlichen Motoren. Damit sind für eine bestimmte aktuelle Lenkwinkelgeschwindigkeit zum Abtastzeitpunkt  $k$  nur bestimmte Lenkwinkelbereiche zum nächsten Abtastzeitpunkt  $k + 1$  erreichbar, siehe Fig. 6. Diese Grenzen werden aus einem dynamischen Systemmodell des Lenkantriebes berechnet.

Der Koordinierung mehrerer Radsätze liegt folgendes Prinzip zugrunde: Bei der Betrachtung mehrerer Radmodule ergeben sich durch Schnittmengenbildung konvexe polygonale Gebiete, welche die Menge aller erreichbaren Drehzentren charakterisieren, siehe Fig. 7. Die Berechnung desjenigen Drehzentrums aus der Menge aller erreichbaren Drehzentren, welches auf noch näher zu spezifizierende Weise optimal zum gewünschten Drehzentrum (und zum aktuellen Drehzentrum) liegt, stellt eine spezielle nichtlineare Optimierungsaufgabe mit Ungleichungsnebenbedingungen dar.

Es werden vier Verfahren zur Berechnung des optimalen Drehzentrums angegeben, die abhängig vom Anwendungsfall verwendet werden.

**Fall 1:** Schnellstmögliche Einstellung des gewünschten Drehzentrums

Zum schnellstmöglichen Einstellen des gewünschten Drehzentrums wird der Abstand zwischen dem Soll-Drehzentrum und einem Drehzentrum aus der Menge aller möglichen Drehzentren minimiert. Damit liegt das optimale Drehzentrum entweder auf einer Kante oder auf einer Ecke des konvexen Polygons, welches die Menge aller möglichen Drehzentren charakterisiert, vgl. Fig. 7.

**Fall 2:** Schnellstmögliche Einstellung des gewünschten Drehzentrums unter der Randbedingung beschränkter Drehmomente

Sind aus der Anwendung die Drehmomente auf kleinere Werte als die maximalen Momente begrenzt, so wird das Verfahren aus Fall 1 entsprechend auf ein verkleinertes polygonales Gebiet angewendet.

**Fall 3:** Energiesparende Einstellung des gewünschten Drehzentrums

In diesem Fall wird ein Drehzentrum aus der Menge aller möglichen Drehzentren gesucht, welches einen geringen Abstand zum gewünschten Drehzentrum aufweist, aber ein Maß für die Motormomente (z. B. deren Summe) gering hält. Dies ist ein multikriterielles Optimierungsproblem, dessen Lösung zu einem Kompromiß zwischen schnellstmöglichen Einstellen des Drehzentrums und minimalem Energieverbrauch führt.

**Fall 4:** Berechnung im kartesischen Bewegungsraum des Fahrzeugs

Die Fälle 1 bis 3 lassen sich analog auch nach einer Transformation des polygonalen Gebietes der möglichen Drehzentren in den (dreidimensionalen) kartesischen Bewegungsraum des Fahrzeugs lösen. Dabei werden die Ungleichungsnebenbedingungen allerdings nichtlinear.

### Ausführungsbeispiel

Radmodule für einen hochbeweglichen mobilen Serviceroboter mit Manipulationseinrichtung

Fig. 8 zeigt einen mobilen Serviceroboter mit Manipulationseinrichtung. Um eine hohe Beweglichkeit zu erreichen, ist der Roboter mit vier Radmodulen gemäß dem oben beschriebenen Aufbau ausgestattet (vgl. Detailaufnahme Fig. 9).

Zeichnungen des verwendeten Radmoduls (Seitenansicht, Frontansicht und Draufsicht) sind in Fig. 10 bis Fig. 14 dargestellt. Fig. 15 und Fig. 16 zeigen eine perspektivische Ansicht.

Im Rahmen dieses Dokuments wurden folgende Veröffentlichungen zitiert:

[1] U. Rembold, R. Dillmann, Mobile Manipulator KAMRO, Institute for Real-Time Computer Systems & Robotics (IPR), Universität Karlsruhe, <http://www.ipr.ira.uka.de/nassal/kamro-page.html>.

[2] F. G. Pin, S. M. McKillough, A New Family of Omnidirectional and Holonomic Wheeled Platforms for Mobile Robots, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 10, No. 4, pp. 480–489, 1994.

[3] Harmonic Drive Product Guide, Harmonic Drive Antriebstechnik GmbH, Hoenbergstraße 14, D-65555 Limburg/Lahn, GERMANY and Harmonic Drive Systems Inc., 89 Cabot Court, Hauppauge, New York, NY 11788, USA.

**Fig. 1** Basisaufbau des Radmoduls. a) Seitenansicht. b) Vorderansicht.

**110** Antriebsmotor

**120** Hohlwellenlenkmotor

**130** Radgabel

**140** Rad

**150** Antriebsgetriebe

**160** Hohlwellenlenkgetriebe

**170** Vertikale Antriebswelle

**180** Radachse = horizontale Antriebswelle

**190** Kegelradgetriebe

**Fig. 2**

Aufbau des Radmoduls mit frei einstellbarem lateralen und longitudinalen Offset. a) Seitenansicht. b) Vorderansicht.

**210** Antriebsmotor

**220** Hohlwellenlenkmotor

**230** Rad

**240** Longitudinaler Offset  $O_{long}$

**250** Antriebsgetriebe

**260** Hohlwellenlenkgetriebe

**270** Vertikale Antriebswelle

**280** Horizontale Antriebswelle

**290** Zahnriemengetriebe

295 Lateraler Offset  $O_{lat}$

Fig. 3

Aufbau des Radmoduls mit frei einstellbarem lateralen und longitudinalen Offset gemäß Fig. 2 mit zu Null gewählten Offsets. a) Seitenansicht, b) Vorderansicht.

310 Antriebsmotor

320 Hohlwellenlenkmotor

330 Rad

340 Antriebsgetriebe

350 Hohlwellenlenkgetriebe

360 Vertikale Antriebswelle

370 Zahnriemengetriebe

Fig. 4

Aufbau des Radmoduls mit frei einstellbarem lateralen und longitudinalen Offset. Außerdem sind die Motoren hängend angebracht. a) Seitenansicht, b) Vorderansicht.

410 Zusätzliche Zahnriemengetriebe

420 Lenkmotor

430 Antriebsmotor mit Antriebsgetriebe

440 Rad

450 Hohlwellenlenkgetriebe

460 Zahnriemengetriebe

Fig. 5

Definition von lateralem und longitudinalem Offset eines Rades gegenüber seiner Drehachse.

510 Drehachse

520 Radgabel

530 Radachse

540 Rad

550 Lateraler Offset  $O_{lat}$

560 Longitudinaler Offset  $O_{long}$

Fig. 6

Erreichbare Lenkwinkelstellungen für ein einzelnes Radmodul ausgehend von aktuellem Lenkwinkel und aktueller Lenkwinkelgeschwindigkeit.

610 Drehachse des Rades

620 Radkoordinatensystem

630 Radnormale zum Abtastzeitpunkt

Fig. 7

Menge aller erreichbaren Drehzentren und Solldrehzentrum (Beispiel für die elektronische Kopplung von drei Radmodulen und Drehzentrum außerhalb des erreichbaren Gebiets).

710 Rad 1

720 Rad 2

730 Rad 3

740 Solldrehzentrum

750 Menge aller erreichbaren Drehzentren

Fig. 8

Ausführungsbeispiel: Hochbeweglicher mobiler Serviceroboter mit Manipulationseinrichtung.

Fig. 9

Ausführungsbeispiel: Detailaufnahme der Anbringung der Radmodule am hochbeweglichen mobilen Serviceroboter mit Manipulationseinrichtung.

Fig. 10

Technische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von vorne.

Fig. 11

Technische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von hinten.

Fig. 12

Technische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von links.

Fig. 13

Technische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von rechts.

Fig. 14

Technische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von oben.

Fig. 15

Perspektivische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von oben.

Fig. 16

Perspektivische Zeichnung für das Ausführungsbeispiel eines Radmoduls: Ansicht von unten.

10

## Patentansprüche

1. Radmodul mit mindestens einem Rad, zum Lenken und Antrieb des Rades (vgl. Fig. 1 bis Fig. 4), gekennzeichnet durch

- einen Antriebsmotor zum Antrieb des Rades über eine Antriebswelle,
- einen Lenkmotor zum Lenken des Rades über eine Lenkwelle,

wobei die Lenkwelle oder die Antriebswelle als eine Hohlwelle ausgebildet ist, in der die Antriebswelle bzw. die Lenkwelle drehbar angeordnet ist.

2. Radmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auflagepunkt des Rades um einen lateralen Offset relativ zu der Lenkachse und quer zur Drehrichtung des Rades versetzt ist (vgl. Fig. 1 bis Fig. 5).

3. Radmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Auflagepunkt des Rades um einen longitudinalen Offset relativ zu der Lenkachse und in Drehrichtung des Rades versetzt ist (vgl. Fig. 1 bis Fig. 5).

4. Verfahren zur elektronischen Kopplung mindestens eines Radmoduls nach einem der Ansprüche 1 bis 3 mit weiteren Radmodulen nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder mit einem Radmodul mit Lenkmotor und Lenkwelle, aber ohne Radantrieb, dadurch gekennzeichnet, daß ein für einen Fahrbetrieb erforderliches Drehzentrum ermittelt wird,

überprüft wird, ob das ermittelte Drehzentrum innerhalb eines konvexen Polygons liegt, das die Menge aller erlaubten Drehzentren charakterisiert und, falls das ermittelte Drehzentrum außerhalb des konvexen Polygons liegt, das ermittelte Drehzentrum auf einen Punkt auf der Kante des konvexen Polygons gelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der erlaubten Drehzentren alle in Abhängigkeit der maximalen Geschwindigkeiten und Momenten des Antriebsmotors und des Lenkmotors möglichen Drehzentren umfaßt.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der erlaubten Drehzentren alle in Abhängigkeit der Zeit- oder energieoptimierten Geschwindigkeiten und Momente des Antriebsmotors und des Lenkmotors möglichen Drehzentren umfaßt.

7. Verfahren nach Anspruch 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch Einstellung entsprechender Momente und Geschwindigkeiten der Antriebsmotoren und/oder der Lenkmotoren von außen einwirkende Kräfte oder Momente kompensiert werden und die Antriebs- und Lenkmomente entsprechend adaptiert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß die von außen einwirkenden Kräfte und Momente durch externe Kraft-, oder Momentensensoren, durch Momentensensoren in den Rädern oder durch Erfassen des Stroms an den Antriebs- und/oder Lenkmotoren erfaßt werden.

9. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne

elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 dadurch gekennzeichnet, daß damit Fahrzeuge aller Art gelenkt und angetrieben werden können.

10. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 5  
dadurch gekennzeichnet, daß damit Fahrzeuge im Behinderten- und Gesundheitswesen, wie mobile Transportroboter wie mobile Transportroboter für Mahlzeiten, Medikamente, Fäkalien, etc., mobile Roboter mit Manipulationseinrichtung für Hol-/Bringdienste, Patientenföhrung, etc. Rollstühle, Krankenbahnen, Krankenbetten gelenkt oder angetrieben werden. 10

11. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 15  
dadurch gekennzeichnet, daß damit Putz- und Reinigungsmaschinen gelenkt oder angetrieben werden.

12. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 20  
dadurch gekennzeichnet, daß damit mobile Stative für Filmkameras gelenkt oder angetrieben werden.

13. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 25  
dadurch gekennzeichnet, daß damit Einkaufswagen in Verkaufsgeschäften und deren Parkplätzen gelenkt oder angetrieben werden.

14. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 30  
dadurch gekennzeichnet, daß damit Aktentransportfahrzeuge in Büros und Verwaltungsgebäuden gelenkt oder angetrieben werden.

15. Radmodule nach Anspruch. 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 35  
dadurch gekennzeichnet, daß damit Erd- und Schneeräumfahrzeuge gelenkt oder angetrieben werden, wobei die Räumvorrichtung alleine durch die voneinander unabhängig vorgebbare Translation bzw. Rotation des Fahrzeugs bewegt wird.

16. Radmodule nach Anspruch 1, 2 und 3 mit und ohne elektronische Kopplung nach Anspruch 4, 5 und 6 40  
dadurch gekennzeichnet, daß damit Fahrzeuge zum Bewältigen großer Steigungen oder zum Aufbringen großer Schiebekräfte mit gleichzeitiger Rotation und Translation bewegt werden.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

45

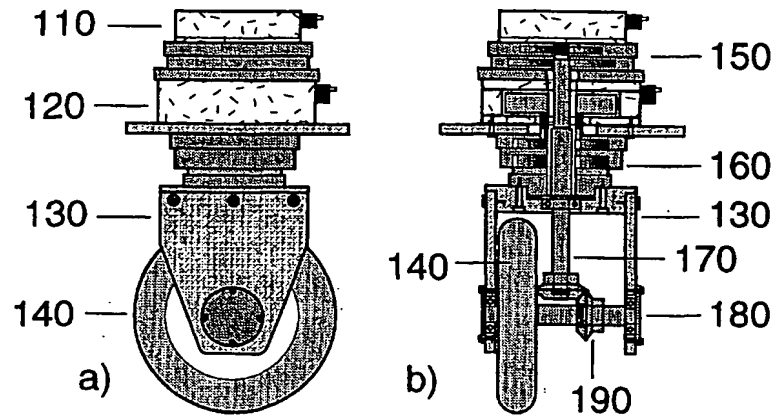
50

55

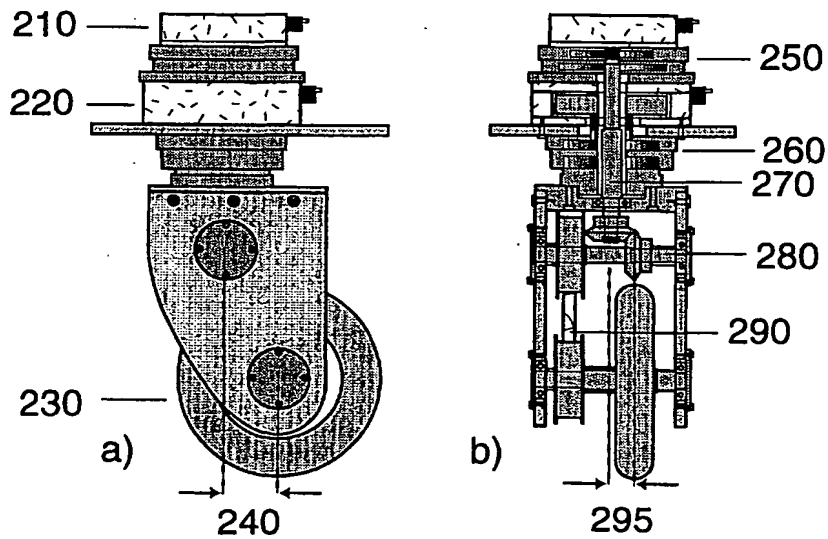
60

65

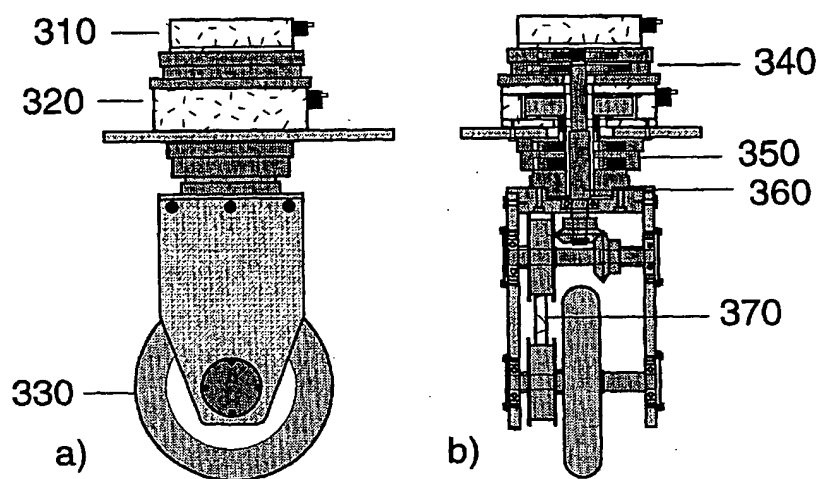
Figur 1.



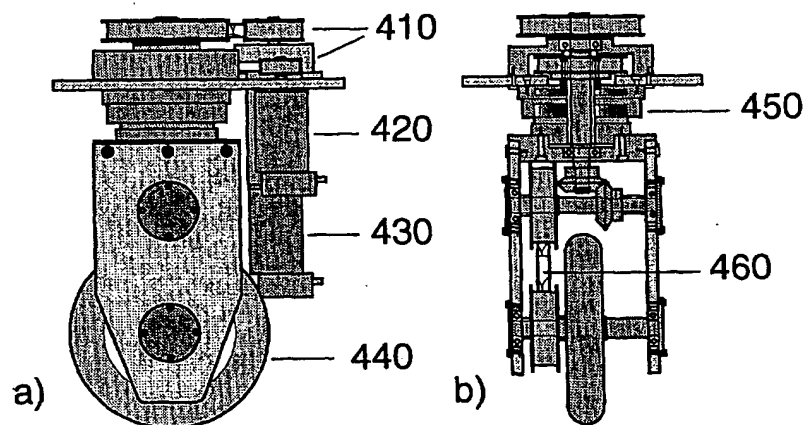
Figur 2.



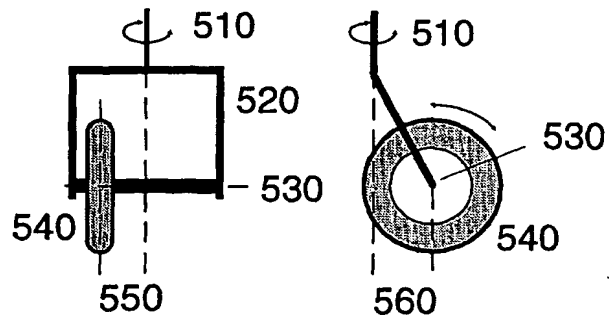
Figur 3.



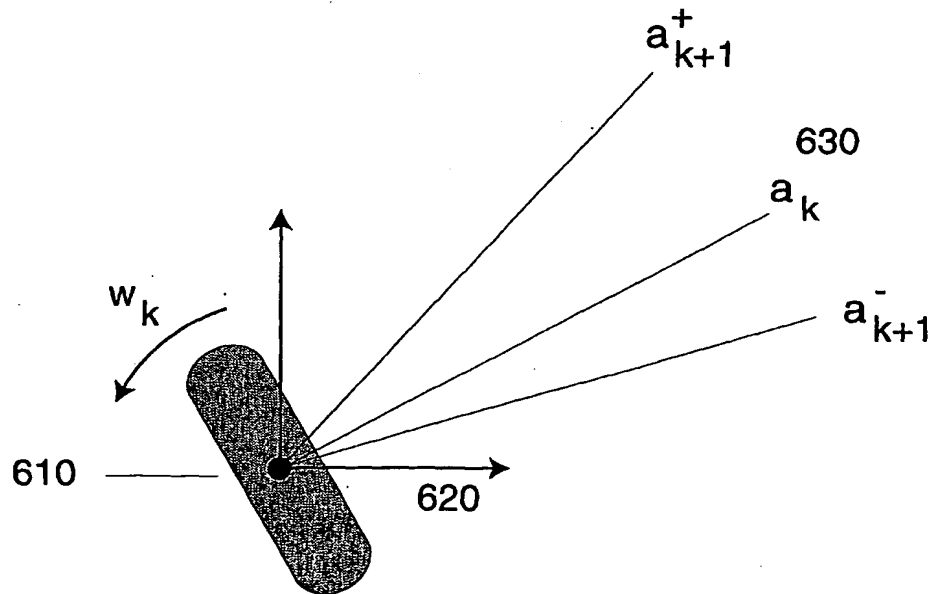
Figur 4.



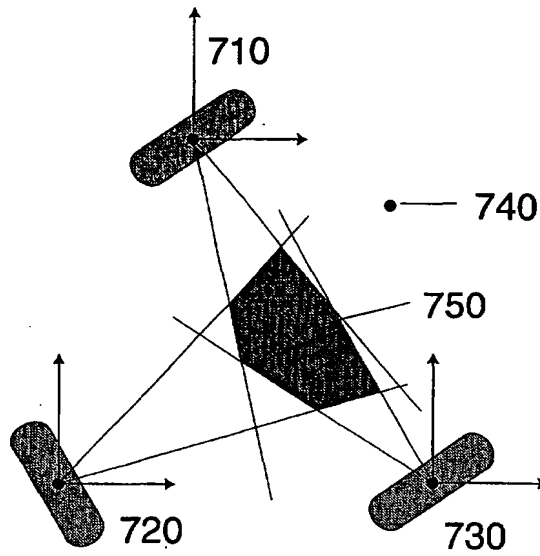
Figur 5.



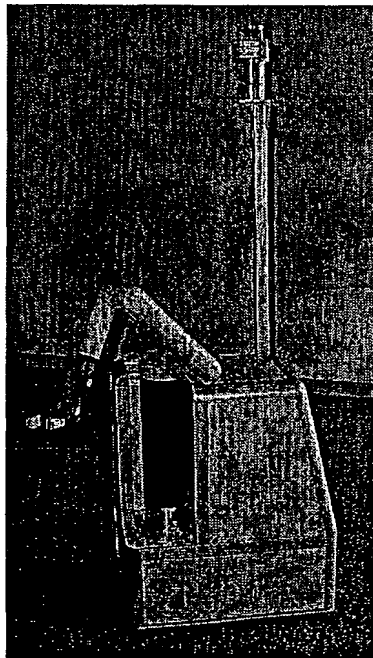
Figur 6.



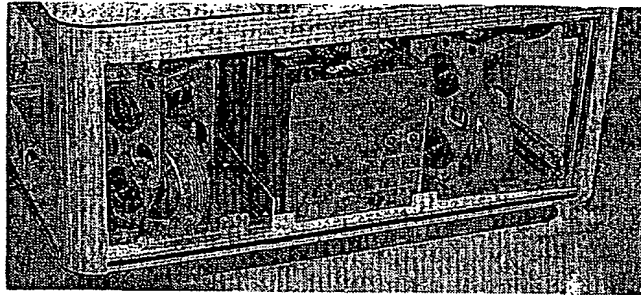
Figur 7.



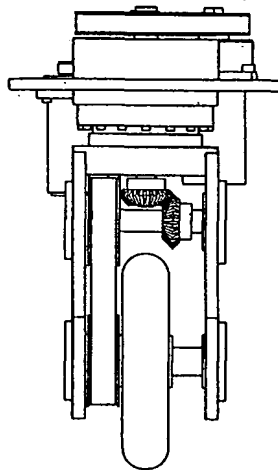
Figur 8.



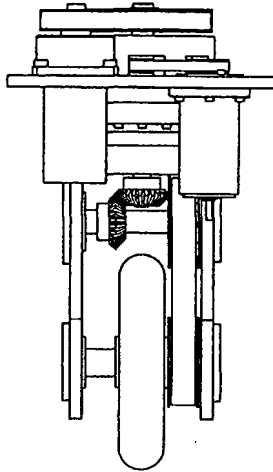
**Figur 9.**



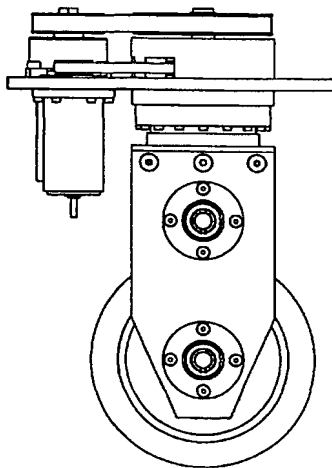
**Figur 10.**



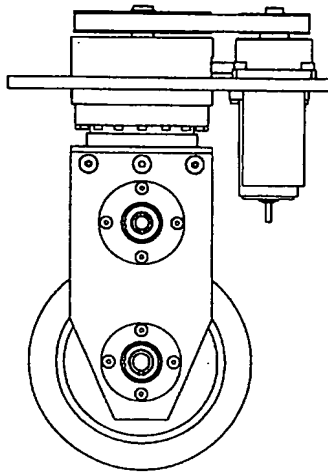
**Figur 11.**



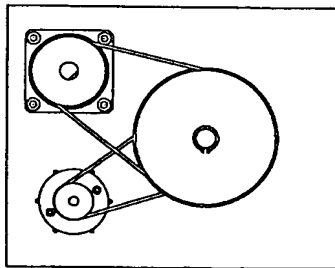
**Figur 12.**



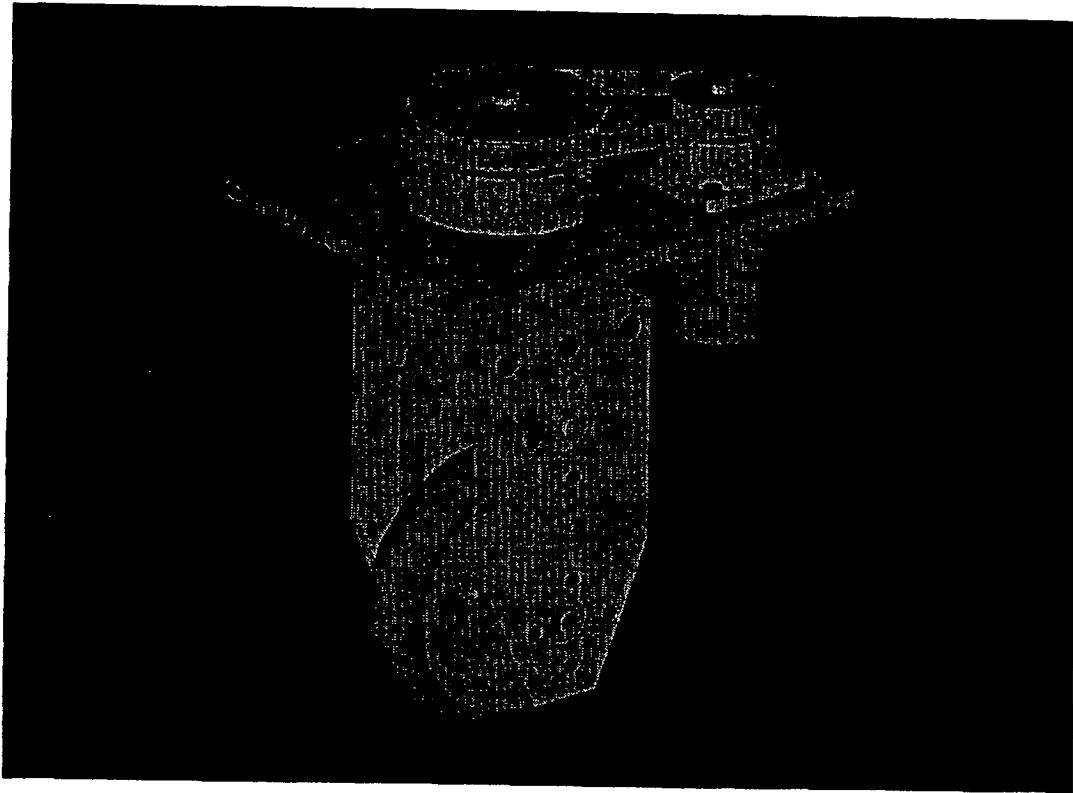
**Figur 13.**



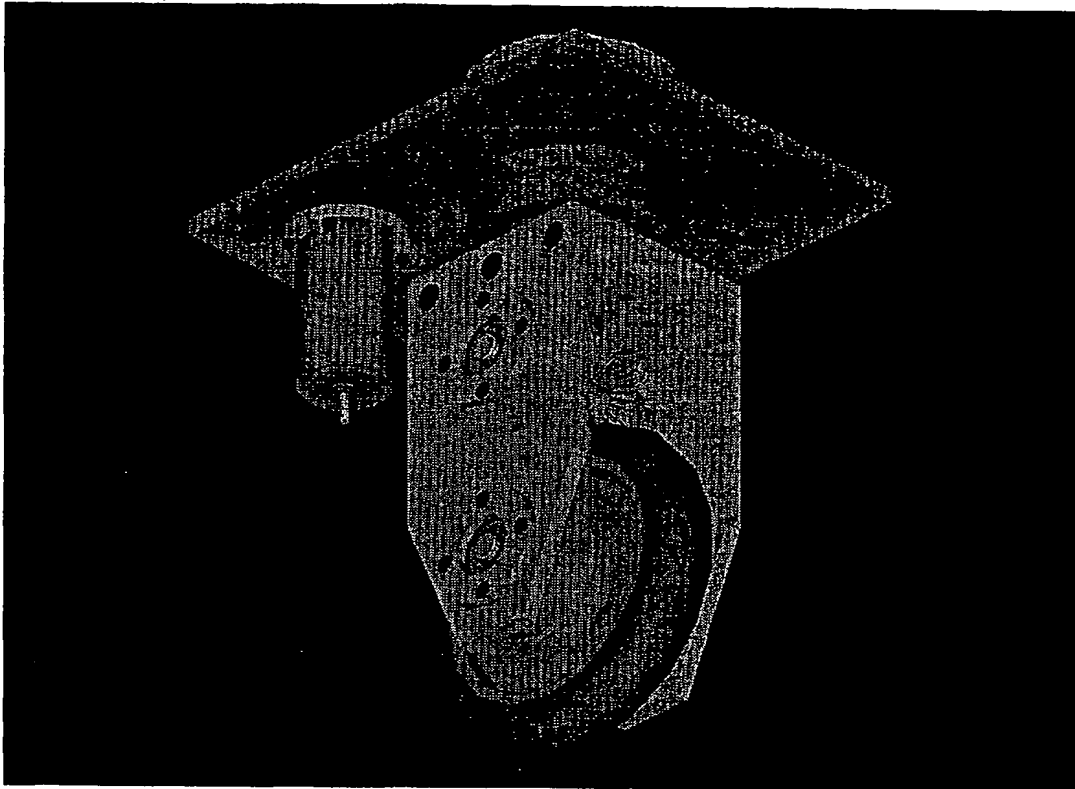
**Figur 14.**



**Figur 15.**



Figur 16.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**